

RISET DAN INOVASI TERUMBU KARANG DAN PROSES PEMILIHAN TEKNIK REHABILITASI: SEBUAH USULAN MENGHADAPI GANGGUAN ALAMI DAN ANTROPOGENIK KASUS DI KEPULAUAN SERIBU

Hawis Madduppa^{1*}, Beginer Subhan¹, Dondy Arafat¹, Neviaty Putri Zamani¹

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor 16680

*Email: hawis@ipb.ac.id, madduppa@gmail.com

RINGKASAN

Riset dan inovasi pada ekosistem terumbu karang sangat diperlukan dalam upaya menghadapi gangguan alami dan antropogenik yang merusak. Hal ini untuk memahami bagaimana prioritas intervensi manusia dalam usaha perbaikan melalui rehabilitasi atau restorasi. Berdasarkan informasi ilmiah bahwa dalam beberapa dekade terakhir dimana sudah banyak terumbu karang yang telah sangat terganggu, sehingga diperlukan terobosan riset dan inovasi. Beberapa riset dan inovasi yang dapat diinisiasi untuk mendukung program rehabilitasi adalah: (1) Pergeseran komunitas terumbu karang; (2) Perbaikan komunitas terumbu karang dari fenomena pemutihan massal, *spesies invasive*, dan penyakit karang lainnya; (3) Persediaan bibit transplan berdasarkan analisis konektivitas, resiliensi dan keragaman genetika Terumbu Karang untuk restorasi; (4) Interaksi antara koral, alga dan mikroba, serta implikasinya untuk ekologi dan bahan obat; (5) Makroekologi, fungsi ekosistem dan biogeografi; dan (6) Pembuatan pelayanan pemetaan ilmiah biodiversitas dan rehabilitasi/restorasi berbasis website. Sebagai contoh, ekosistem terumbu karang di Kepulauan Seribu yang terletak di utara Jakarta, merupakan lokasi yang sangat cocok untuk mempelajari tentang pengaruh alami dan antropogenik, dan bagaimana memberikan pemilihan terhadap teknik rehabilitasi yang sesuai. Teknik restorasi atau rehabilitasi (Misalnya: *Ecoreef*, *Reefball*, *Rockfile*, *Artificial Reef*, dan Transplantasi karang) sudah banyak dikembangkan di Indonesia. Teknik tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan dan tidak ada satu metodepun yang bisa memuaskan semua pihak dan tidak ada satu metodepun yang bisa diterapkan pada berbagai kondisi dan kesehatan terumbu karang. Dukungan riset dan inovasi terumbu karang akan memberikan peluang untuk partisipasi inklusif bagi seluruh komponen masyarakat untuk memelihara ekosistem terumbu karang di Kepulauan Seribu secara tepat guna.

Kata kunci: transplantasi karang, rehabilitasi, restorasi, pemutihan masal, *spesies invasive*

PERNYATAAN KUNCI

◆ Untuk dapat mengelola suatu kawasan

terumbu karang secara baik dan benar harus mengetahui betul-betul kondisi dan kesehatan terumbu karang yang ada, sumber daya alam

apa saja yang dapat dimanfaatkan di terumbu karang tersebut dan bagaimana kondisinya.

- ◆ **KEPMENLH No. 04 Tahun 2001** menetapkan kriteria baku kerusakan terumbu karang berdasarkan presentase luas tutupan karang batu hidup, yaitu kondisi rusak (buruk 0 – 24,9% dan sedang 25 – 49,9%), dan kondisi baik (baik 50 – 74,9% dan baik sekali 75 – 100%).
- ◆ Salah satu teknik rehabilitasi dan restorasi terumbu karang adalah transplantasi karang yang merupakan teknik perbanyakan koloni karang dengan memanfaatkan reproduksi aseksual karang secara fragmentasi.
- ◆ Riset dan inovasi pada ekosistem terumbu karang sangat diperlukan dalam upaya menghadapi gangguan alami dan antropogenik yang merusak. Hal ini untuk memahami bagaimana prioritas intervensi manusia dalam usaha perbaikan melalui rehabilitasi atau restorasi.

REKOMENDASI KEBIJAKAN

- ◆ Lingkungan perairan, kondisi (tingkat kerusakan) serta kesehatan terumbu karang yang berbeda menjadi faktor yang menentukan ketepatan metode restorasi terumbu karang. Metode restorasi terumbu karang yang diaplikasikan disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan kepentingan pemanfaatan.
- ◆ Riset dan inovasi pada ekosistem terumbu karang yang dilakukan dengan program yang terstruktur dapat memberikan informasi yang akurat tentang upaya menghadapi gangguan alami dan antropogenik yang merusak, sehingga dapat membuat langkah aksi untuk memahami bagaimana prioritas intervensi manusia dalam usaha perbaikan melalui

rehabilitasi atau restorasi. Hal ini juga akan memberikan peluang untuk partisipasi inklusif bagi seluruh komponen masyarakat untuk memelihara ekosistem terumbu karang di Kepulauan Seribu.

- ◆ Pembuatan pelayanan pemetaan ilmiah biodiversitas dan rehabilitasi/restorasi berbasis website. Kegiatan ini untuk menyediakan gambar pengantar secara spasial yang memperlihatkan lokasi dan ukuran tipe terbesar habitat, hal ini juga berlaku untuk lokasi rehabilitasi dan restorasi, serta jenis-jenis karang yang ditransplantasikan di setiap lokasi.

I. PENDAHULUAN

Untuk dapat mengelola suatu kawasan terumbu karang secara baik dan benar harus mengetahui betul-betul kondisi dan kesehatan terumbu karang yang ada, sumber daya alam apa saja yang dapat dimanfaatkan di terumbu karang tersebut dan bagaimana kondisinya (Ramadhani *et al.*, 2015, Madduppa 2014). Kalau terumbu karang itu masih dalam keadaan utuh dan sehat, tinggal menjaganya agar terumbu karang tetap keadaannya, dan kalau terumbu karang itu dalam keadaan rusak, harus diketahui penyebab rusaknya, karena pada prinsipnya mengelola terumbu karang adalah meniadakan semua faktor yang menjadi penyebab rusaknya terumbu karang tersebut. Demikian juga kalau lokasi terumbu karang memang tidak memungkinkan untuk berkembang dengan baik, seperti berada dekat muara sungai, maka wajar kondisi terumbu karangnya tidak baik, dimana tutupan karang batu hidupnya rendah. Untuk itu perlu segera melakukan inventarisasi lokasi dan kondisi terumbu karang yang ada di suatu wilayah, termasuk sumber daya perikanan apa saja yang ada

dan bagaimana kondisinya.

KEPMENLH No. 04 Tahun 2001, menetapkan kriteria baku kerusakan terumbu karang berdasarkan presentase luas tutupan karang batu hidup, yaitu kondisi rusak (buruk 0 – 24,9% dan sedang 25 – 49,9%), dan kondisi baik (baik 50 – 74,9% dan baik sekali 75 – 100%). Pengelompokan ini sama hampir dengan yang dikemukakan oleh Gomez dan Yap (1988), yang mengkategorikan terumbu karang yang memiliki tutupan karang batu 0 – 24,9 % dalam kondisi rusak, 25 – 49,9 % dalam kondisi cukup, 50 – 74,9 % dalam kondisi baik, dan 75 – 100 % dalam kondisi sangat baik/sempurna. Sedangkan Zamani dan Madduppa (2011) memberikan kategori pengelompokan kesehatan terumbu karang berdasarkan lokasi terumbu karang di estuary dan lepas estuary (pesisir dan pulau-pulau kecil) dengan menambahkan parameter lain seperti indeks mortalitas, salinitas, nitrat, fosfat dan bioindikator.

Terumbu karang yang sehat di lepas estuary ditunjukkan oleh persen tutupan karang batu hidup yang tinggi (>50 %) pada daerah pesisir dan di daerah pulau kecil lebih dari 70%. Pada kondisi ini tidak ditemukan banyak karang yang stress seperti pemutihan karang (*bleaching*) serta karang tidak diserang oleh penyakit. Selain itu terumbu karang yang sehat juga dapat dilihat dengan beberapa indikator. Terumbu karang yang sehat ditunjukkan oleh hadirnya spesies indikator (seperti kehadiran ikan kepe-kepe (*Butterfly fishes*) dari famili *Chaetodontidae*, hadirnya ikan herbivor, dan tingginya hasil tangkapan. Ikan kepe-kepe mempunyai hubungan yang erat dengan karang yang kondisinya bagus atau sehat. Kebanyakan ikan kepe-kepe merupakan pemakan coral sejati (*obligate corallivores*) dan tergantung pada

jaringan karang sebagai makanannya. Oleh karena itu ikan kepe-kepe ini merupakan indikator yang sangat baik untuk mengetahui perubahan kondisi terumbu karang (Madduppa *et al.*, 2014a, Crosby dan Reese, 1996). Sementara tanda-tanda terumbu karang yang tidak sehat adalah rendahnya kepadatan dan persentase tutupan karang batu hidup (<50 %), rekrutmen yang kurang/lambat, rendahnya biodiversitas, termasuk organisme indikator, dan meningkatnya ancaman pada garis pantai akibat berkurangnya terumbu karang (Madduppa *et al.*, 2013, Madduppa *et al.*, 2012). Terumbu karang yang tidak sehat juga banyak diserang berbagai jenis penyakit (Madduppa *et al.*, 2015).

Salah satu teknik rehabilitasi dan restorasi terumbu karang adalah transplantasi karang merupakan teknik perbanyakan koloni karang dengan memanfaatkan reproduksi aseksual karang secara fragmentasi. Berbagai kalangan dapat terlibat dalam mengusahakan dan melakukan rehabilitasi karang dengan metode ini sejak tahun 1990-an di Indonesia. Namun saat ini metode yang digunakan masih ada yang mengadopsi metode untuk perdagangan karang hias bukan untuk rehabilitasi (Subhan *et al.*, 2014).

Riset dan inovasi pada ekosistem terumbu karang sangat diperlukan dalam upaya menghadapi gangguan alami dan antropogenik yang merusak. Hal ini untuk memahami bagaimana prioritas intervensi manusia dalam usaha perbaikan melalui rehabilitasi atau restorasi. Berdasarkan informasi ilmiah bahwa dalam beberapa dekade terakhir dimana sudah banyak terumbu karang yang telah sangat terganggu, sehingga diperlukan terobosan riset dan inovasi. Ekosistem terumbu karang di Kepulauan Seribu yang terletak di utara Jakarta, merupakan lokasi

yang sangat cocok untuk mempelajari tentang pengaruh alami dan antropogenik.

II. KONDISI TERKINI

Pergeseran komunitas terumbu karang

Terumbu karang sangat sensitif terhadap adanya gangguan, sedikit saja terjadi perubahan pada lingkungan karang mungkin menimbulkan efek yang merusak pada keseluruhan koloni karang. Perubahan ini mungkin dikarenakan berbagai faktor, tetapi secara umum dikelompokkan atas dua kategori: gangguan alam dan gangguan antropogenik/manusia. Walaupun gangguan alam mungkin menyebabkan berbagai perubahan pada komunitas karang, tetapi gangguan manusia terkait pada mayoritas penurunan tutupan karang hidup dan kesehatan koloni karang, apalagi ketika terjadi secara bersamaan. Perubahan struktur komunitas biota asosiasi terumbu karang seperti ikan sangat dipengaruhi oleh aktivitas penangkapan manusia di Kepulauan Seribu dan daerah lainnya (Madduppa *et al.*, 2013, Madduppa *et al.*, 2014b).

Perbaikan komunitas terumbu karang dari fenomena pemutihan massal, spesies invasive, dan penyakit karang lainnya

Keberadaan terumbu karang tergantung pada kondisi lingkungannya, dimana variabel kondisi lingkungan akan berubah menurut ruang dan waktu karena laut terus mengalami dinamika, selain adanya gangguan alam juga ada campur tangan manusia dalam menyumbang degradasi lingkungan lingkungan perairan (Madduppa *et al.*, 2013, Madduppa, 2014).

Kepulauan Seribu sudah mengalami beberapa kali pemutihan karang sejak tahun 1980an (Brown

& Suharsono, 1990, Hoeksema 1991). Pemutihan karang (bleaching) dapat disebabkan oleh banyak faktor yang dapat menimbulkan stress terhadap karang, termasuk (naik/turunnya) suhu air laut dan sinar matahari yang melebihi batas, rendahnya kadar garam, rendahnya kadar oksigen, atau tingginya kadar bahan kimia beracun yang dapat mengganggu pernafasan dan fotosintesis. Pemutihan karang (Coral bleaching) terjadi apabila karang kehilangan mono-sel alga (zooxanthella) yang hidup di dalam jaringannya. Pemutihan terumbu karang yang terjadi secara massal, melibatkan banyak jenis karang dan areal yang sangat luas yang diakibatkan oleh kenaikan suhu air laut yang tinggi.

Terumbu karang yang tidak sehat juga ditunjukkan oleh adanya serangan penyakit. Penyakit pada terumbu karang sering muncul bilamana kualitas lingkungan tidak baik, atau adanya masukan bahan pencemar. Pada terumbu karang yang sehat tidak ditemukan banyak karang yang sakit dan *bleaching*. Ada beberapa jenis penyakit yang ditemukan pada terumbu karang, seperti *Red-band Disease*, *White Plague*, *Yellow Blotch Disease*, *White Plague*, namun berdasarkan laporan tentang penyakit karang, yang paling sering ditemukan adalah *Black band disease* dan *White Syndrome disease*. Subhan *et al.*, 2016 menjumpai penyakit *Brown Band Disease* dan *Black Band Diseases* (Subhan *et al.*, 2014) di Perairan Bali. Di Kepulauan Seribu, didapatkan beberapa penyakit karang yang cenderung invasive, seperti jenis spons *Terpios hoshinota* (Madduppa *et al.*, 2015). Perlu ada riset dan inovasi bagaimana komunitas koral dapat bereaksi saat dan pasca pemutihan massal dan juga serangan spesies invasive, serta beberapa penyakit karang lainnya. Hal ini dapat dipantau melalui kegiatan eksperimental dan observasi di lokasi yang mengalami pemutihan massal dan invasi.

Persediaan bibit transplan berdasarkan analisis konektivitas, resiliensi dan keragaman genetika Terumbu Karang untuk restorasi

Aspek konektivitas di tingkat lokal dan global termasuk penyebaran penyakit, pengenalan spesies baru dan hama dan dampak sosial dari konektivitas manusia perlu diperiksa sebagai dasar untuk rehabilitasi dan restorasi. Perlu juga mengeksplorasi peran penting konektivitas larva antara meta-populasi atau meta-komunitas dalam mempromosikan ketahanan dan pemulihan populasi lokal yang terancam. Beberapa karang keras dan karang lunak sudah dikaji untuk tingkat pertumbuhannya melalui transplantasi (Subhan *et al.*, 2012). Beberapa kajian tentang konektivitas karang (termasuk karang lunak) sudah dilakukan di Indonesia, diantaranya oleh Kusuma *et al.*, (2016) dan biota lainnya oleh Saleky *et al.*, (2016). Keragaman genetika pada terumbu karang dan biota asosiasi sangat penting diketahui untuk mengkaji tingkat resiliensi serta sebagai plasma nutfah untuk di ekosistem tersebut (Sembiring *et al.*, 2015, Kusuma *et al.* 2016, Jefri *et al.*, 2015, Madduppa *et al.*, 2016). Informasi ilmiah ini digunakan untuk melakukan rehabilitasi dan restorasi.

Interaksi antara koral, alga dan mikroba, serta implikasinya untuk ekologi dan bahan obat

Kompetisi untuk ruang pada terumbu karang bisa ganas di mana organisme benthik sering bersentuhan langsung dengan satu sama lain. Selama tahapan degradasi terumbu, komunitas alga dapat tumbuh terlalu cepat dibandingkan dengan terumbu karang, namun masih sedikit bukti yang menunjukkan bagaimana ini benar-benar terjadi. Rahaweman *et al.*, (2016) mengungkapkan adanya potensi yang sangat besar untuk bioprospeksi di habitat terumbu

karang, misalnya untuk menangkai berbagai penyakit. Kebun terumbu karang juga dapat digunakan sebagai bahan pasok untuk penelitian bahan aktif dari laut.

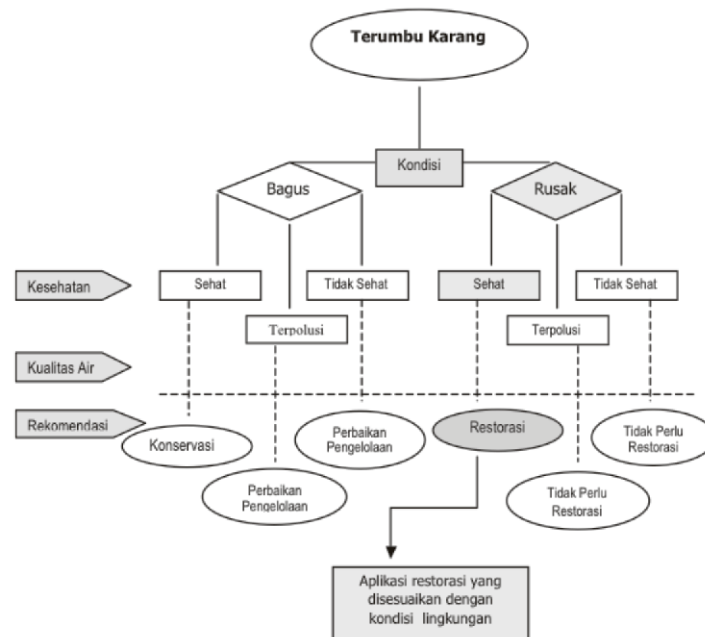
Makroekologi, fungsi ekosistem dan biogeografi

Beberapa penelitian sudah menunjukkan adanya gradient yang berbeda di sepanjang pulau-pulau di Kepulauan Seribu, serta dipengaruhi oleh microhabitat serta musim (Madduppa *et al.*, 2012a, Madduppa *et al.*, 2012b). Riset ini untuk mengkuantifikasi tingkat keanekaragaman fungsional dan redundansi dalam kumpulan terumbu karang alami dan daerah rehabilitasi/restorasi. Perlu dibuat suatu model dan menilai efek dari perubahan keanekaragaman hayati pada fungsi ekosistem di sepanjang gradien biogeografi dan latitudinal di Kepulauan Seribu.

III. ANALISIS DAN ALTERNATIF SOLUSI/PENANGANAN

Analisis Faktor Lingkungan dan Rekomendasi Rehabilitasi

Lingkungan perairan, kondisi (tingkat kerusakan) serta kesehatan terumbu karang yang berbeda menjadi faktor yang menentukan ketepatan metode restorasi terumbu karang. Metode restorasi terumbu karang yang diaplikasikan disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan kepentingan pemanfaatan. Di sisi lain perlu dipertimbangkan pula material yang tersedia di tingkat lokal dan kemudahan konstruksi. Namun dibalik itu semua, restorasi terumbu karang dimaksudkan bukan untuk semata-mata mengembalikan kondisi ekosistem yang telah rusak melainkan menggantikan sebagian fungsi dari terumbu karang. Gambar 1



Gambar 1. Skema pengambilan keputusan untuk pengelolaan terumbu karang sesuai dengan kondisi dan kesehatannya.

memberikan aliran pemikiran dalam menentukan tindakan pengelolaan terhadap terumbu karang.

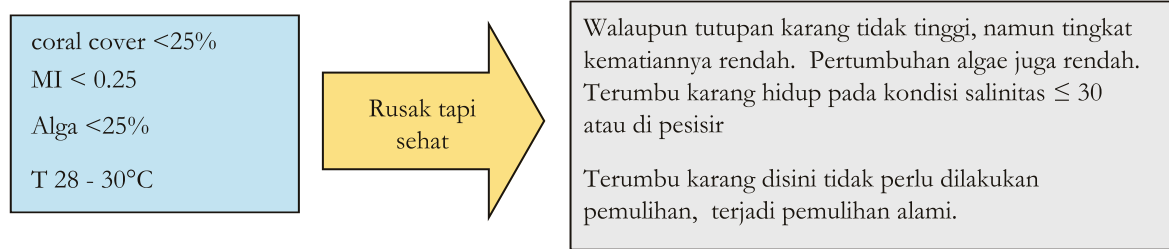
Dalam analisa pengambilan keputusan pengelolaan terumbu karang harus didasarkan pada kondisi dan kesehatan terumbu karang. Dalam pembahasan ini kondisi terumbu karang hanya terbagi dalam dua kategori, yakni bagus dan rusak. Terumbu karang yang bagus memiliki tutupan karang lebih dari 50 persen, sementara terumbu karang yang rusak karang hidupnya kurang dari 25 persen. Dari sisi kesehatan, terumbu karang bisa digolongkan dalam kategori sehat dan tidak sehat, disisi lain rendahnya kualitas air menyebabkan lingkungan terumbu karang terpolusi. Namun demikian sangat jarang terjadi bila terumbu karang berada dalam kondisi perairan terpolusi. Hanya saja bila ada, karena kelebihan nutrisi menyebabkan tumbuhnya pesaing bagi hewan karang yakni alga.

Dari masing-masing kejadian kombinasi

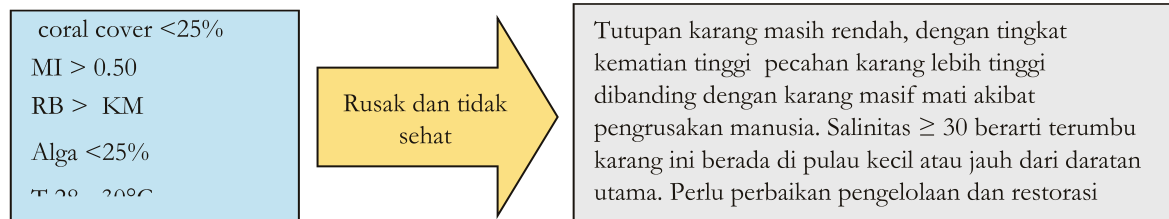
kondisi dan kesehatan terumbu karang, maka ditentukan berbagai rekomendasi terhadap pengelolaan terumbu karang. Salah satu dari rekomendasi tersebut adalah perlu restorasi terhadap terumbu karang yang rusak. Untuk mencapai tujuan rehabilitasi, maka tehnik restorasi ekosistem terumbu karang yang rusak disesuaikan dengan lokasi dan jenis substrat. Berikut kriteria lingkungan secara detil untuk menentukan rekomendasi terhadap pengelolaan dan perlakuan ekosistem terumbu karang disajikan dalam kasus per kasus pada.

Dari berbagai kasus dan solusi manajemen diperoleh bahwa terumbu karang yang hidup pada kualitas lingkungan perairan yang baik akan lebih mudah dikelola dan dilakukan rehabilitasi, sementara terumbu karang pada lingkungan perairan yang kualitasnya lebih rendah, maka tidak perlu dilakukan restorasi, tetapi harus lebih awal dilakukan perbaikan lingkungan perairannya. Tabel 1 menampilkan kesesuaian tehnik

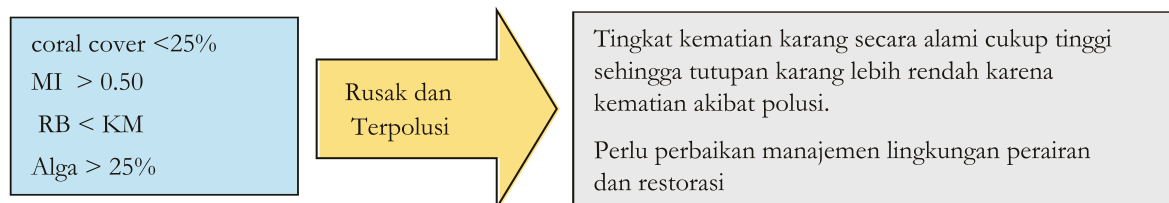
Kasus 1.



Kasus 2.



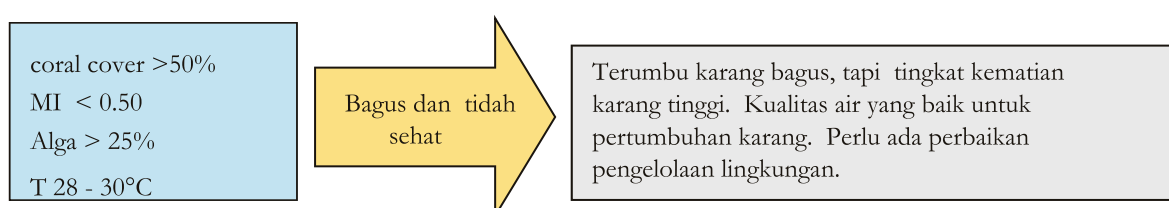
Kasus 3.



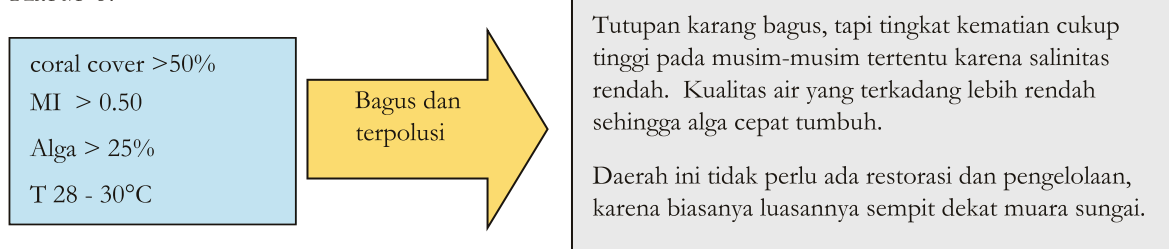
Kasus 4.



Kasus 5 .



Kasus 6.



Tabel 1. Teknik rehabilitasi yang disesuaikan dengan kondisi terumbu karang

Kondisi dan kesehatan terumbu karang	Teknik Restorasi	Lokasi penempatan	Keterangan
Rusak, sehat	Beton / Artificial Reef	Batas bawah terumbu karang (reef base), Gobah, Pantai berpasir	Fungsi fisik perlindungan pantai, ekologis untuk rekrutmen biota, habitat bagi kelompok ikan.
Rusak, sehat dan tidak sehat	Biorock	Dasar substrat berpasir	Dibutuhkan tenaga listrik atau panel solar cell. Akresi mineral kapur berfungsi mempercepat pertumbuhan karang dan
Rusak, sehat	Transplantasi karang	Terumbu karang yang rusak dan substrat berpasir dekat terumbu karang	Untuk tujuan rehabilitasi dan budidaya karang hias (ekonomis)
Rusak, sehat	Ecoreef	Substrat berpasir	Menyediakan substrat untuk penempelan larva karang
Rusak, tidak sehat	Reefball	Substrat berpasir	Dibutuhkan kapal ponton yang besar untuk mengangkut reefball ke daerah yang dituju
Rusak, sehat	Rockfile	Daerah relatif terbuka, arus tidak terlalu keras	Tumpukan batuan akan menjadi penghalang gelombang dan substrat bagi biota terumbu karang

rehabilitasi atau restorasi ekosistem terumbu karang yang sudah rusak.

Teknik restorasi mempunyai kelebihan dan kekurangan dan tidak ada satu metodepun yang bisa memuaskan semua pihak dan tidak ada satu metodepun yang bisa diterapkan pada berbagai kondisi dan kesehatan terumbu karang. Namun sebaliknya secara spesifik, setiap kerusakan terumbu karang bisa diterapkan satu atau dua teknik restorasi, seperti disajikan pada Tabel 1.

Pembuatan pelayanan pemetaan ilmiah biodiversitas dan rehabilitasi/restorasi berbasis website

Pemetaan daerah terumbu karang merupakan langkah penting untuk pengelolaan dan dapat dilakukan berdasarkan urutan yang baik. Pemetaan habitat dapat dilakukan dengan menggunakan peta area (Awak *et al.*, 2016), pengetahuan lokal, dan berdasarkan skala dengan

survei manta tow, snorkel, scuba transek untuk survei skala menengah untuk mengkonfirmasi tipe lokasi yang paling banyak habitatnya.

Untuk kepentingan ilmu pengetahuan dan apabila sumber keuangan yang memungkinkan, maka dapat memetakan karang dengan menggunakan satelit atau fotografi udara dan sistem GIS (untuk menyediakan gambar pengantar secara spasial yang memperlihatkan lokasi dan ukuran tipe habitat), hal ini juga berlaku untuk lokasi rehabilitasi dan restorasi, serta jenis-jenis karang yang ditransplantasikan di setiap lokasi. Proses ini memberikan gambaran area, menginterpretasikan untuk mengidentifikasi dimana habitat terbesar berada (diantara terumbu karang dan habitat tropik pesisir lainnya seperti lamun dan mangrove), dan untuk memverifikasi prediksi ini menggunakan pengetahuan lokal, transek atau manta tow.

REFERENSI

- Awak, DSHLMK., Gaol, J.L., Subhan, B., Madduppa, H., Arafat, D. 2016. *Coral Reef Ecosystem Monitoring Using Remote Sensing Data: Case Study in Owi Island, Biak, Papua*. Procedia Environmental Sciences. Vol. 3(3). 2016. pp: 600-606. DOI: 10.1016/j.proenv.2016.03.113.
- Brown, B.E., Suharsono. 1990. Damage and recovery of coral reefs affected by El Niño related seawater warming in the Thousand Islands, Indonesia. *Jurnal Coral Reefs*. Vol. 8(4). 1990. pp: 163-170.
- Crosby, M.P., Reese, E.S. 1996. A Manual for Monitoring Coral Reefs With Indicator Species: Butterflyfishes as Indicators of Change on Indo Pacific Reefs. Office of Ocean and Coastal Resource Management, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD.
- Gomez, E.D., Yap, H.T. 1988. Monitoring Reef Condition. In Kenchington R A and Hudson B E T (ed). *Coral Reef Management Hand Book*. UNESCO. Regional Office for Science and Technology for South East Asia. Jakarta.
- Hoeksema, B. 1991. Control of bleaching in mushroom coral populations (Scleractinia: Fungiidae) in the Java Sea: stress tolerance and interference by life history strategy. *Jurnal Marine Ecology Progress Series*. Vol. 74. 1991. pp: 225-237
- Jefri, E., Zamani, N.P., Subhan, B., Madduppa, H. 2015. *Molecular phylogeny inferred from mitochondrial DNA of the grouper *Epinephelus* spp. in Indonesia collected from local fish market*. *Jurnal Biodiversitas* Vol. 16. 2015. pp: 254-263.
- Kusuma, A.B., Bengen, D.G., Madduppa, H., Subhan, B., Arafat, D. 2016. *Keanekaragaman genetik karang lunak *Sarcophyton trocheliophorum* pada populasi laut jawa. Nusa tenggara dan Sulawesi*. *Jurnal Enggano* 1(1) 2016. pp: 89-96.
- Kusuma, A.B., Bengen, D.G., Madduppa, H., Subhan B., Arafat, D., Negara, BFSP. 2016. Close genetic connectivity of soft coral *Sarcophyton trocheliophorum* in Indonesia and its implication for marine protected area. *Aceh Journal of Animal Science*. Vol. 1(2) 2016. pp: 50-57 DOI: 10.13170/ajas.1.2.4867.
- Madduppa, H., Agus, S.B., Farhan, A.R., Suhendra, D., Subhan, B. 2012a. *Fish biodiversity in coral reefs and lagoon at the Maratua Island, East Kalimantan*. *Jurnal Biodiversitas*. Vol. 13(3) 2012a. pp: 145-150.
- Madduppa, H., Ferse, SCA., Aktani, U., Palm, H.W. 2012b. *Seasonal trends and fish-habitat associations around Pari Island, Indonesia: Setting a baseline for environmental monitoring*. *Jurnal Environmental Biology of Fishes*. Vol. 95(3-3) 2012b. pp:383–398. DOI:10.1007/s1064101200127.
- Madduppa, H., Subhan, B., Suparyani, E., Siregar A.M., Arafat, D., Tarigan, S.A., Alimuddin., Khairudi, D., Rahmawati, F., Bramandito, A. 2013. *Dynamics of fish diversity across an environmental gradient in the Seribu Islands reefs off Jakarta*. *Jurnal Biodiversitas*. Vol. 14(1) 2013. pp: 17-24. DOI:10.13057/biodiv/d140103.
- Madduppa, H. 2014. *Bioekologi dan Biosistematika Ikan Terumbu*. IPB Press., ISBN:978-979-493-657-3.
- Madduppa, H., Zamani, N.P., Subhan, B., Aktani U., Ferse, SCA. 2014a. *Feeding behavior and diet of the eight-banded butterflyfish *Chaetodon octofasciatus* in the Thousand Islands, Indonesia*. *Jurnal Environmental, Biology of Fishes*. Vol. 97(12) 2014. DOI:10.1007/s10641-014-0225-z.
- Madduppa, H., Juterzenka, K.V., Syakir, M., Kochzius, M. 2014b. *Socio-economy of marine ornamental fishery and its impact on the population*

- structure of the clown anemonefish Amphiprion ocellaris and its host anemones in Spermonde Archipelago, Indonesia*. Jurnal Ocean & Coastal Management. ELSEVIER Vol. 41(50)2014b. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2014.07.013.
- Madduppa, H., Timm, J., Kochzius, M. 2014c *Interspecific, Spatial and Temporal Variability of Self-Recruitment in Anemonefishes*. PLoS ONE 9(2)2014c:e90648.
- Madduppa, H., Schupp, P.J., Faisal, M.R., Sastria, M.Y., Thoms, C. 2015. *Persistent outbreaks of the 'black disease' sponge Terpios hoshinota in Indonesian coral reefs*. Marine Biodiversity DOI: 10.1007/s12526-015-0426-5.
- Madduppa, H., Ayuningtyas, R.U., Subhan, B., Arafat, D., Prehadi. 2016. Exploited but unevaluated: DNA Barcoding reveals skates and stingrays (Chordata, Chondrichthyes) species landed in the Indonesian fish market. Indonesian Journal of Marine Science (IJMS). Ilmu Kelautan 21(1) 2016. pp: 29-36.
- Prehadi., Sembiring, A., Kurniasih, E.M., Rahmad., Arafat, D., Subhan, B., Madduppa, H. 2015. *DNA barcoding and phylogenetic reconstruction of shark species landed in Muncar fisheries landing site in comparison with Southern Java fishing port*. Biodiversitas Vol. (16) 2015. pp: 55-61.
- Rahaweman, A.C., Pamungkas, J., Madduppa, H., Thoms, C., Tarman, K. 2016. Screening of Endophytic Fungi from Chlorophyta and Phaeophyta for Antibacterial Activity. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. Vol. (31) 012026. 2016. pp: 1-7.
- Ramadhani, R.A., Damar, A., Madduppa, H. 2015. *Management on coral reef ecosystem in the Siantan Tengah District, Anambas Islands*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 7(1) 2015. pp: 173-189.
- Saleky, D., Setyobudiandi, I., Toha, H.A., Takdir, M., Madduppa, H. 2016. Length-weight relationship and population genetic of two marine gastropods species (Turbinidae: Turbo sparverius and Turbo bruneus) in the Bird Seascape Papua, Indonesia. Jurnal Biodiversitas. Vol (17) 2016 pp: 208-217.
- Sembiring, A., Pertiwi, N.P.D., Mahardini, A., Wulandari, R., Kurniasih, E.M., Kuncoro, A.W., Cahyani, N.K.D., Anggoro, A.W., Ulfa M., Madduppa, H., Carpenter, K.E., Barber, P.H., Mahardika, G.N. 2015. *DNA Barcoding reveals targeted fisheries for endangered sharks in Indonesia*. Fisheries Research. 164(2015):130-134. DOI:10.1016/j.fishres.2014.11.003.
- Subhan, B., Soedharma, D., Arafat, D., Madduppa, H., Rahmawati, F., Bramandito, A., Khaerudi, D., Ghozali, A.T. 2012. The effect of light on survival and growth rate of transplanted soft coral Lobophytum strictum (OCTOCORALLA: ALCYONACEA) in recirculation system. Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan. Vol. 3(1) 2012. pp: 35-42.
- Subhan, B., Madduppa, H., Arafat, D., Himawan, M.R., Ramadhana, H.C., Pasaribu, R., Bramandito, A., Khairudi, D., Panggarbesi, M. 2015. *Kebidupan Laut Tropis: Tulamben*. IPB Press.
- Subhan, B., Madduppa, H., Arafat, D., Soedharma, D. 2014. *Do coral transplantation can rehabilitate coral reef ecosystem?*. Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan. Vol. 1(3) 2014. pp: 159-164.
- Subhan, B., Khair, M., Madduppa, H., Nurjaya, I.W., Ardiwijaya, R.L., Prabuning, D., Anggoro, A.W., Arafat, D. 2015. *Terumbu Karang Tulamben*. IPB Press 174 + 14h.
- Zamani NP, Madduppa H (2011) *A Standard Criteria for Assessing the Health of Coral Reefs: Implication for Management and Conservation*. Journal of Indonesia Coral Reefs 1(2): 137-146.